

## НЕКАУЗАЛЬНАЯ ДВУХЭТАПНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ПОЛУТОНОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

*Вишневый С. В., к.т.н.; Жук И. С., д.т.н., проф.*

*КПИ им. Игоря Сикорского, г. Киев, Украина*

Решение целого ряда прикладных и научно-исследовательских задач связано с обработкой информации, представленной в форме изображений. Несовершенство аппаратуры регистрации может приводить к появлению на изображениях помех [1]. Применение двумерных оптимальных алгоритмов фильтрации требует выполнения огромного числа вычислительных операций, что приводит к большой сложности в их реализации [2].

В [3] был предложен метод фильтрации однородных изображений, который реализуется в два этапа. На первом этапе выполняется обработка отсчетов вдоль строк и столбцов, на втором этапе происходит объединение полученных данных. В [4] был разработан метод каузальной двухэтапной фильтрации цифровых полутоновых изображений. Метод фильтрации [4] учитывает отчеты «прямого времени». Использование дополнительных отсчетов, которые находятся в «прошлом» относительно текущей точки позволит повысить точность обработки по сравнению с методом [4] без значительного увеличения сложности вычислений, при этом обработка изображения интерпретируется как некаузальная.

Отсчет изображения обозначим через  $x_j(n, m)$ ,  $n = \overline{1, N}$ ,  $m = \overline{1, M}$ ,  $j = \overline{1, L}$ . В качестве модели помехи, которая искажает изображение выбран белый гауссовский шум  $N(0, \sigma_0^2)$ . Доступный для обработки отсчет изображения, искаженный помехой, обозначим  $y(n, m)$ .

Если отсчет, который обрабатывается на текущем шаге имеет координаты  $(n, m)$ , тогда введем векторы, которые содержат отсчеты, расположенные в  $n$ -й строке и  $m$ -м столбце, но не включают в себя отсчет  $(n, m)$ :

$$X_{n1} = (x_i(n, 1), \dots, x_l(n, m-1)), \quad X_{n2} = (x_j(n, M), x_k(n, M-1), \dots, x_v(n, m+1)),$$

$$X_{m1} = (x_s(1, m), \dots, x_r(n-1, m)), \quad X_{m2} = (x_t(N, m), x_p(N-1, m), \dots, x_q(n+1, m)),$$

а векторы, которые содержат соответствующие наблюдения обозначим как  $Y_{n1}, Y_{n2}, Y_{m1}, Y_{m2}$ .

Воспользовавшись свойством условной независимости [3], в соответствии с которым вероятностные связи отсчетов в векторах  $X_{n1}, X_{n2}, X_{m1}, X_{m2}$  опосредованы через точку с координатами  $(n, m)$ , лежащую на пересечении  $n$ -й строки и  $m$ -го столбца, запишем совместное распределение вероятностей  $P(X)$ , опуская для краткости аргументы  $(n, m)$ :

$$P(X) = p(x_j)P(X_{n1} | x_j)P(X_{n2} | x_j)P(X_{m1} | x_j)P(X_{m2} | x_j). \quad (1)$$

Выполняя преобразования согласно [4], апостериорная вероятность  $p(x_j | Y)$  может быть представлена в виде:

$$p(x_j | Y) = c \frac{p(x_j | Y_{n1}, y) p(x_j | Y_{n2}) p(x_j | Y_{m1}) p(x_j | Y_{m2})}{p^3(x_j)}, \quad (2)$$

где  $c$  - нормирующий множитель, который рассчитывается по формуле:

$$c = \frac{P(Y_{n1}, y) P(Y_{n2}) P(Y_{m1}) P(Y_{m2})}{P(Y)}. \quad (3)$$

Выражение (2) описывает двухэтапный алгоритм фильтрации, на первом этапе которого при обработке отсчетов вдоль строк и столбцов вычисляются  $p(x_j | Y_{n1}, y)$ ,  $p(x_j | Y_{n2})$ ,  $p(x_j | Y_{m1})$ ,  $p(x_j | Y_{m2})$  с помощью одномерного алгоритма, приведенного в [2], а на втором этапе происходит объединение полученных результатов и расчет  $p(x_j | Y)$ .

В качестве модельного примера рассмотрена задача фильтрации бинарного изображения, размерами  $N \times M$ , где  $N = 24$ ,  $M = 24$ . В тестовом примере отсчеты, расположенные в строках с 8 по 17 и столбцах с 8 по 17 принимают значение 1, остальные отсчеты равны 0. Изображение искажается аддитивной помехой с некоррелированными отсчетами с нулевым математическим ожиданием и дисперсией  $\sigma_v^2 = 0.49$ ; матрицы вероятностей перехода от одного значения яркости элемента изображения к другому вдоль строки и столбца имеют вид  $\Pi = \begin{pmatrix} 0.9 & 0.1 \\ 0.1 & 0.9 \end{pmatrix}$ . На рис. 1-4 приведены вероят-

ности распознавания отсчетов изображения, значение которых равно 1, полученные при одномерной обработке изображения вдоль строк, столбцов, а также с помощью каузального и некаузального двухэтапного алгоритма фильтрации.

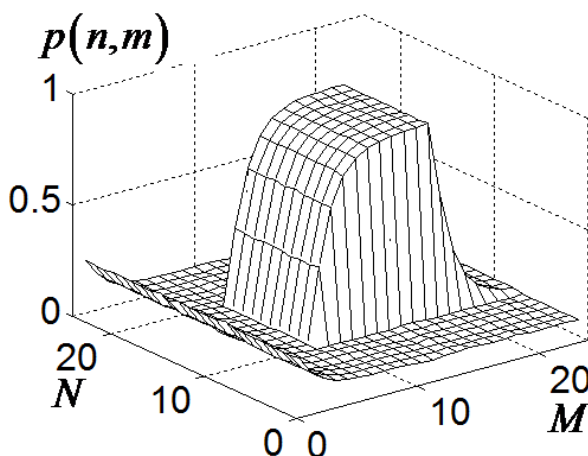


Рисунок 1. Обработка вдоль строк

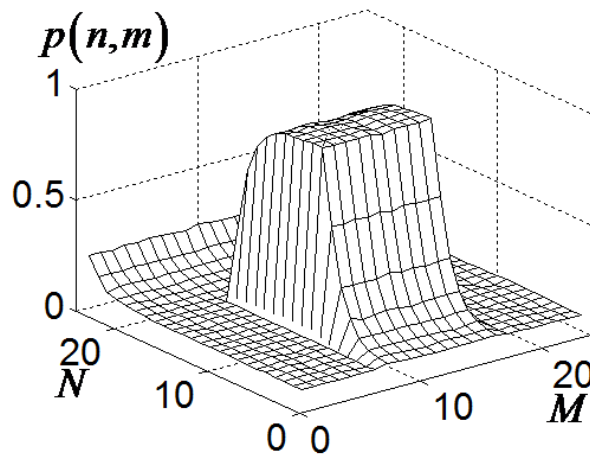


Рисунок 2. Обработка вдоль столбцов

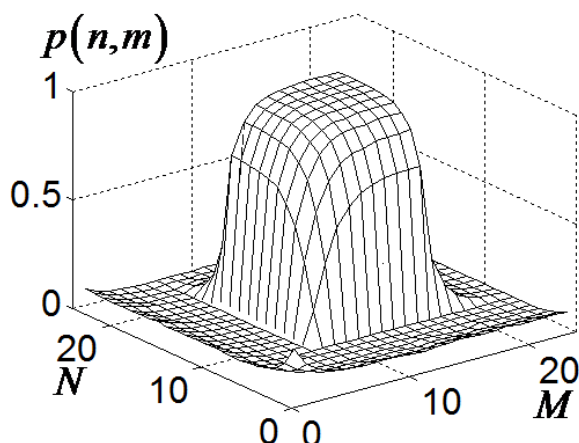


Рисунок 3. Каузальна двухетапная обробка

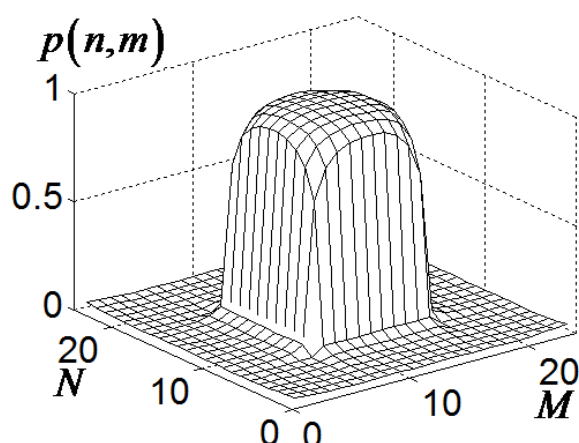


Рисунок 4. Некаузальна двухетапная обробка

### Перечень источников

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений : пер. с англ. / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Жук С.Я. Методы оптимизации дискретных динамических систем со случайной структурой: монография / С.Я. Жук. – К.:НТУУ КПИ, 2008. – 232 с.
3. Грузман И.С. Двухэтапная фильтрация бинарных изображений / И.С. Грузман // Автометрия. – 1999. – № 3. – С. 42–49.
4. Вишневый С.В. Двухэтапная каузальная фильтрация цифровых полутоновых изображений / С.В. Вишневый, С.Я. Жук // Вісник НТУУ "КПІ" Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2010 – Вип. – 41. – С. 60–64.

### Анотація

Проведено аналіз алгоритму некаузальної двоетапної фільтрації цифрових напівтонових зображень. Математичне моделювання виконано на тестовому прикладі при обробці бінарного зображення, що було спотворене адитивною завадою з некорельованими відліками.

**Ключові слова:** напівтонове зображення, умовна незалежність, некаузальна обробка, двоетапна фільтрація.

### Аннотация

Выполнен анализ алгоритма некаузальной двухэтапной фильтрации цифровых полутоновых изображений. Математическое моделирование проведено на тестовом примере при обработке бинарного изображения, которое искажалось аддитивной помехой с некоррелированными отсчетами.

**Ключевые слова:** полутоновое изображение, условная независимость, некаузальная фильтрация, двухэтапная фильтрация.

### Abstract

The analysis of algorithm of noncausal two-stage filtering of digital grayscale images is presented. The simulation is made using test synthetic sample in form of digital binary image corrupted with additive noise with uncorrelated samples.

**Keywords:** grayscale image, conditional independence, noncausal processing, two-stage filtering.